Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 126-138
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.58254

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۱۳۸-۱۲۶

تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفاته و روی بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در دو رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

محمود محمدی

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفاته و روی بر برداشت عناصر غذایی توسط لوبیا، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال اجرا شد. عوامل آزمایش شامل دو رقم لوبیاچیتی (تلاش و صدری)، چهار سطح فسفر (P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، P_2: مصرف کود زیستی فسفاتی و ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_3: کود زیستی فسفاتی) و سه سطح روی (Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی، Zn_2: کود زیستی روی) بود. کود زیستی فسفاتی شامل تلقیح با قارچ‌های میکوریزی *Rhizophagus intraradices* ،*Clariodeoglumus etunicatum* و *Funneliformiss mosseae* و باکتری *Azetobacter* و تیمار زیستی روی تلقیح با باکتری‌های *Pseudomonas* بود. صفات مورد بررسی در این آزمایش عملکرد دانه، غلظت و برداشت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس بود. نتایج نشان داد بیشترین مقادیر عملکرد، غلظت و برداشت عناصر غذایی از رقم صدری مشاهده شد. تیمار P_2 باعث افزایش ۲۱/۸، ۳۹، ۹۸، ۵۹، ۳۲، ۵۷، ۴۴/۵ و ۲۸درصدی عملکرد و برداشت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس نسبت به شاهد شد. حداکثر میزان عملکرد دانه، غلظت نیتروژن، پتاسیم و روی به ترتیب به میزان ۳۴۰۴کیلوگرم در هکتار، ۳/۹۳، ۲/۲۵درصد و ۳۱/۴۱میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار Zn_1 به‌دست آمد. در خصوص اثر متقابل معنی‌دار، بیشترین میزان عملکرد دانه، غلظت نیتروژن، روی و مس به‌ترتیب به میزان ۳۶۵۶کیلوگرم درهکتار، ۴/۱درصد، ۳۶/۵۷ و ۲۱/۶میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار P_2Zn_1 به‌دست آمد. کودهای زیستی مورد استفاده علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفری باعث افزایش برداشت عناصر غذایی و تولید بذور غنی از عناصر غذایی مورد مطالعه شدند.

واژه‌های کلیدی: *Azotobacter*، عملکرد، فسفر، میکوریزا

مقدمه

غنی‌سازی[۲] مواد غذایی و کاهش غلظت آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی از جمله راهکارهای رفع سوءتغذیه ناشی از ناکافی‌بودن ریزمغذی‌ها، کلسیم، منیزیم و ویتامین‌ها در مواد غذایی می‌باشد (Malakouti, 2014). لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با داشتن ۲۵-۲۰درصد پروتئین، ۶۰درصد کربوهیدرات، ویتامین‌ها، فیبر، آنتی‌اکسیدان و ترکیبات آمینواسیدی حاوی آهن و روی اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی دارد (Fageria & Santos, 2008). استفاده علمی و صحیح از کودهای آلی و زیستی راهکاری برای به‌حداقل‌رساندن تجمع کودهای شیمیایی در محصولات کشاورزی، منابع آب و خاک و سایر موجودات زنده می‌باشد (Vessay, 2003). از جمله این کودها می‌توان به کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های حل‌کننده اشکال نامحلول فسفر و روی اشاره نمود (Vessay, 2003؛ Artusson *et al.*, 2006؛ Khan *et al.*, 2009). از مهم‌ترین اثرات مثبت همزیستی میکوریزی می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود تغذیه گیاه، افزایش کارآیی و بهره‌وری مصرف آب و مقاومت گیاه در مقابل تنش های محیطی مانند خشکی و شوری اشاره نمود (Marschner & Dell, 1994؛ Artusson *et al.*, 2006؛ Amirabadi *et al.*, 2009؛ Smith *et al.*, 2010؛ Yaseen *et al.*, 2012). همچنین قارچ‌های میکوریزی با ایجاد تعادل نسبی در جذب فسفر و نیتروژن می‌توانند از اثرات بازدارندگی و رقابتی آنها در

* نویسنده مسئول: m.mohamadi@areo.ac.ir

۲ Enrichment

جذب عناصر کم‌مصرف کاسته و به ایجاد تغذیه متعادل گیاهی کمک کنند (Chen *et al*., 2005؛ Marschner & Dell, 1994؛ Parvizi *et al*., 2013). نتایج تحقیقات همزیستی میکوریزی در گیاهان زراعی مختلف نشان می‌دهد در حضور این قارچ‌ها، جذب عناصر نیتروژن (Amirabadi *et al*., 2009؛ Artusson *et al*., 2006)، فسفر (David, 2007؛ Amirabadi *et al*., 2009)، پتاسیم (Yaseen *et al*., 2012)، آهن (Marschner & Dell, 1994؛ Yaseen *et al*., 2012)، روی (Subramanian *et al*., 2009؛ Yaseen *et al*., 2012)، مس (Mader *et al*., 2005) و منگنز (Amirabadi *et al*., 2009) به طور نسبی افزایش یافته است.

باکتری‌های حل‌کننده فسفات[1] گروهی از میکروارگانیسم‌ها می‌باشند که توانایی تبدیل فسفات‌های معدنی نامحلول را به ترکیبات معدنی محلول و قابل دسترس گیاهان را دارند (Khan *et al*., 2009؛ Sarathambalm *et al*., 2010). این میکروارگانیسم‌ها با کاهش pH خاک از طریق تولید میکروبی اسیدهای آلی مانند اسید اگزالیک، اسید سیتریک، اسید گلوکونیک، اسید کتوگلونیک و اسید مالیک و ترشح پروتون و با معدنی‌نمودن فسفر آلی از طریق تولید فسفاتازهای اسیدی باعث افزایش انحلال فسفات معدنی می‌شوند (Khan *et al*., 2009). تحقیقات Rudrish *et al*., 2005 نشان داده است استفاده از ریزجانداران حل‌کننده فسفات باعث افزایش رشد، جذب عناصر غذایی و عملکرد گیاه نخود نسبت به شاهد شده است. قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه مثل باکتری‌های جنس *Azotobacter* و *Pseudomonas* به‌خصوص زمانی که با هم استفاده می‌شوند، پتانسیل افزایش جذب عناصر غذایی را دارند و کارآیی این موجودات در خاک‌های فقیر از لحاظ مواد غذایی بیشتر است (Behl *et al*., 2006؛ Artusson *et al*., 2006؛ Scheublin & Heijden, 2006). استفاده از باکتری‌های حل‌کننده روی[2] یکی از راه‌کارهای مفید در آزاد سازی روی از ترکیبات نامحلول روی در خاک‌های آهکی و قلیایی می‌باشد (Sarathambalm *et al*., 2010؛ Abbaszade *et al*., 2012). در بین این باکتری‌ها جنس *Pseudomonas* یکی از مهم‌ترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و روی در گیاهان است که به‌دلیل تولید طیف گسترده‌ای از ترکیبات تحریک‌کنندهٔ رشد گیاه مانند تولید اکسین، سیدروفور، اسید سالیسیک و کیتیناز به‌طور غیرمستقیم باعث افزایش جذب روی و دیگر عناصر غذایی می‌شود (Khan *et al*., 2009). تحقیقات Abbaszade *et al*., 2012 نشان می‌دهد از میان سویه‌های مختلف *Pseudomonas fluorescens* سویه P_{19} کارآمدترین سویه در استخراج روی از منابع نامحلول یا کم‌محلول روی در خاک بوده و باعث افزایش غلظت آن در گیاه لوبیا می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد به ازاء تولید هر تن دانه لوبیا به‌طور متوسط ۳۲/۲کیلوگرم نیتروژن، ۳/۷کیلوگرم فسفر، ۱۸/۶کیلوگرم پتاسیم، ۹/۲کیلوگرم گوگرد، ۳/۲کیلوگرم کلسیم، ۳/۱کیلوگرم منیزیم از یک هکتار زمین برداشت می‌شود (Bagheri *et al*., 2001). لوبیا یکی از محصولات استراتژیک محسوب می‌باشد و حساسیت بالایی نسبت به کمبود روی و آهن دارد (Morghan & Grafton, 2003). با توجه به بالابودن pH و ماهیت آهکی خاک‌های زراعی کشور، غلظت فسفر و برخی از عناصر ریز مغذی در محلول خاک کمتر از مقدار لازم برای رشد بهینه گیاه می‌باشد. از طرفی با مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی بالاخص کودهای فسفاتی مواجه هستیم که بخش زیادی از این کودها در خاک تثبیت شده و کارآیی آن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین عدم مصرف کودهای ریزمغذی بالأخص کودهای حاوی آهن و روی در مزارع لوبیا مرسوم می‌باشد. با این وجود اطلاعات در خصوص اثرات کاربرد کودهای زیستی بر غلظت و جذب عناصر غذایی لوبیا در شرایط مزرعه‌ای اندک است. لذا این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کودهای زیستی فسفاتی و روی بر عملکرد، غلظت و جذب عناصر غذایی در بذر دو رقم لوبیاچیتی برای نخستین‌بار در منطقه لوبیاکاری شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲ و ۱۳۹۴- ۱۳۹۳ در اراضی لوبیاکاری بخش کیار استان چهارمحال و بختیاری واقع درکیلومتر ۴۵جنوب شرقی شهرکرد با ۲۰۹۶متر ارتفاع از سطح دریا و مختصات جغرافیایی ۳۲درجه و۲۰دقیقه عرض شمالی و ۵۱درجه و ۱۷دقیقه طول شرقی انجام شد. بر اساس رده‌بندی خاک به روش آمریکایی (Soil Taxonomy , 2014) فامیل خاک محل آزمایش Fine, mixed, mesic, Typic Calcixerepts است (Mohammadi, 1986). فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: فاکتور اول، ارقام لوبیا چیتی شامل C_1: تلاش و C_2: صدری، فاکتور دوم کاربرد فسفر درچهار سطح P_0: شاهد، P_1: استفاده از کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک، P_2: استفاده از کود زیستی فسفاتی و مصرف ۵۰درصد کود شیمیایی فسفری

[1] Phosphate Solubilizing Bacteria

[2] Zinc Solubilizing Bacteria

بر اساس آزمون خاک و P_3: استفاده از کود زیستی فسفاتی. فاکتور سوم کاربرد روی درسه سطح شامل Zn_0: شاهد، Zn_1: استفاده از کودشیمیایی سولفات روی مطابق آزمون خاک وZn_2: استفاده از کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده روی. کود فسفری مصرفی از منبع سوپر فسفات تریپل ($Ca(H_2PO_4)_2$) به میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار در تیمار P_1 و ۵۰کیلوگرم در هکتار در تیمار P_2، روی از سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) بەمیزان ۵۰کیلوگرم در هکتار (Zn_1) مصرف شد. تیمارها به‌صورت تصادفی در کرت‌ها و بلوک‌ها اختصاص داده شدند. تیمار کود زیستی فسفاتی مورد استفاده شامل مایه تلقیح حاوی باکتری حل‌کننده فسفات از جنس *Azotobacter chroococcum strain 5* و سه گونه قارچ میکوریزایی *Rhizophagus* ،*Clariodeoglumus etunicatum intraradices* و *Funneliformiss mosseae* بود. کود زیستی روی مورد استفاده، مایه تلقیح حاوی باکتری‌هایی از جنس *Pseudomonas aeuroginosa strain MPFM* و *Pseudomonas fluorescens strain 187* بود. کود زیستی فسفاتی به صورت دانه‌ای شامل قارچ‌های میکوریزی (با جمعیت ۶۰ اسپور در هر گرم) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس*Azotobacter* حاوی $1/8 \times 10^8$ سلول باکتری در هرگرم به صورت مایه‌تلقیح بود. به ازای هر ۱۰کیلوگرم قارچ های میکوریزی، یک کیلوگرم مایه تلقیح *Azotobacter* استفاده شد و به‌خوبی به‌هم زده شد. سپس به ازاء هر بذر مقدار دو گرم از این کود در چاله کاشت زیر بذر قرار داده شد. از این دو گرم ۱/۸گرم قارچ‌های میکوریزی و ۰/۲گرم مایه تلقیح *Azotobacter* بود. در مورد کودزیستی روی، بذرها قبل از کشت با مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده ترکیبات نامحلول روی با $2/3 \times 10^8$ CFU باکتری در هر گرم مایه تلقیح با نسبت پنج درصد (با ازاء هر ۱۰۰۰گرم بذر، ۵۰گرم مایه تلقیح) به‌صورت بذرمال تلقیح شدند. به‌منظور باقی گذاشتن سلول‌های باکتری بر روی بذرها از محلول صمغ عربی استفاده شد. بعد از تلقیح بذری و اندکی هوا خشک‌شدن سطوح بذور بلافاصله اقدام به کشت گردید. قبل از اجرای آزمایش در هر سال نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری جهت اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برداشت شد (جدول ۱). نتایج تجزیه خاک نشان داد خاک مزرعه در دو سال آزمایش دارای بافت لوم سیلتی و فاقد محدودیت شوری بوده و با توجه به بالابودن غلظت پتاسیم و منگنز قابل استفاده نسبت به حد بحرانی، نیازی به مصرف کود پتاسیمی و منگنزی نبود. این خاک‌ها از نظر فسفر و روی قابل جذب در زیر حد بحرانی قرار داشتند. میزان نیتروژن و مواد آلی در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر و از حاصلخیزی خاک بالاتری برخوردار بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش

Table 1. Soil chemical and physical characteristics of the research site

بافت Texture	کل مواد خنثی شونده TNV	کربن آلی OC	نیتروژن N	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	سال Year
							mg kg^{-1}			dS m^{-1}		
Silty Loam	24.5	0.93	0.07	0.93	8.90	0.58	3.9	255	8.3	0.88	7.87	First year (سال اول)
Silty Loam	23.5	1.57	0.10	0.89	8.31	0.55	4.02	362	10.4	0.50	8.00	Second year (سال دوم)

کشت محصول به‌صورت خطی انجام شد. در هر بلوک آزمایشی ۲۴کرت آزمایشی ایجاد شد که با احتساب سه تکرار تعداد کل واحدهای آزمایش ۷۲کرت بود. هر کرت آزمایشی به ابعاد (۴×۳ متر) شامل پنج ردیف به طول چهار متر و یک ردیف به‌صورت نکاشت در نظر گرفته شد. کشت بر روی ردیف به صورت دستی و به روش هیرم‌کاری انجام شد. کود نیتروژنی به‌میزان ۵۰کیلوگرم در هکتار اوره ($CO(NH_2)_2$) قبل از کاشت مصرف شد. بذور مورد استفاده از مرکز تحقیقات ملی لوبیا واقع در خمین استان مرکزی و مایه‌های تلقیح و کودهای زیستی از بانک میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. در طول فصل رشد مراقبت‌های زراعی لازم شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها به‌طور یکنواخت برای همۀ تیمارها اعمال شد. در پایان فصل رشد در هر سال، برداشت محصول در اواخر

شهریورماه با حذف دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتها در سطح شش متر مربع به‌صورت دستی انجام شد. عملکرد دانه از طریق جداکردن کاه و کلش از دانه لوبیا و توزین کل دانه برداشت شده در سطح شش مترمربع با ترازو و سپس تبدیل به عملکرد در هکتار اندازه‌گیری شد (Basiri, 1991). برای اندازه‌گیری عناصر غذایی دانه، پس از تهیه نمونه‌ها و آسیاب کردن آنها، نیتروژن مایع به روش کجلدال (Gerhardt, Germany)، فسفر به روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV 3100, Tokyo, Japan)، پتاسیم به روش شعله‌سنجی با دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway PFP7, Sherwood Scientific, Cambridge, United Kingdom) و عناصر غذایی آهن، روی، منگنز و مس به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی (PerkinElmer AAnalyst 400, Waltham, United States of America) اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). میزان برداشت عناصر غذایی مورد بررسی از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در غلظت هر عنصر غذایی بر حسب کیلوگرم در هکتار بدست آمد (Mengel & Kirkby, 1993). از آنجایی که برداشت، عامل برتری نسبت به غلظت می‌باشد و در آن علاوه بر غلظت، عملکرد نیز مؤثر است، لذا در این تحقیق روی این صفت تأکید بیشتری شده است. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.3 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد، اثر رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیشترین میزان عملکرد دانه از رقم صدری حاصل شد که باعث افزایش ۵درصدی نسبت به رقم تلاش شد (جدول ۲). بیشتربودن عملکرد در رقم صدری می‌تواند به‌دلیل جذب بیشتر عناصر غذایی این رقم در مقایسه با رقم تلاش باشد. تیمار فسفری بر میزان عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه در نتیجه کاربرد تیمار P_2 به میزان ۳۵۳۰کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۱درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). تیمار روی باعث تفاوت معنی‌دار بر میزان عملکرد دانه شد. حداکثر عملکرد دانه از تیمار Zn_1 به میزان ۳۴۰۴کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد افزایش ۱۱درصدی را نشان داد (جدول ۲). در خصوص اثرات متقابل، اثر رقم در روی و فسفر در روی بر این صفت معنی‌دار شد. در خصوص اثر متقابل فسفر در روی، حداکثر مقدار عملکرد دانه از تیمار P_2Zn_1 به میزان ۳۶۵۶کیلوگرم در هکتار بدست آمد که نسبت به شاهد با عملکرد ۲۵۶۴کیلوگرم در هکتار، ۴۲/۵درصد افزایش نشان داد (جدول۳). افزایش عملکرد در نتیجه مصرف کودهای زیستی فسفاتی با نتایج تحقیقات Rudrish *et al*., (2005)، Wu *et al*, (2005)، Scheublin &Heijden, (2006) و Yaseen *et al*, (2005) مطابقت دارد. این محققان گزارش دادند که قارچ‌های میکوریزایی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و ایجاد شرایط مطلوب رشد باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌گردند. در بررسی‌های Scheublin &Heijden, (2006) در سه گونه متفاوت از لگوم‌ها نشان داده شد که استفاده از قارچ‌های میکوریزایی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشت، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه افزایش یافته است. تیمارهای زیستی استفاده‌شده در این تحقیق، باعث افزایش قابلیت جذب فسفر، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی شدند و متعاقب آن رشد گیاه و عملکرد محصول با افزایش دسترسی بهتر به عناصر غذایی افزایش پیدا کرد (جدول ۲).

غلظت عناصر غذایی در بذر

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد بین دو رقم مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری در غلظت عناصر غذایی مورد مطالعه وجود داشت و بیشترین میزان غلظت این عناصر از رقم صدری به‌دست آمد (جدول ۲). تیمار فسفری بر غلظت عناصر غذایی به‌غیر از جذب آهن و مس معنی‌دار شد. حداکثر میزان غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، به ترتیب به‌میزان ۴/۰۶، ۰/۴۷ و ۲/۴۲درصد از تیمار P_2 حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۴/۵، ۴۲/۵ و ۳۱درصدی نشان داد. همچنین حداکثر غلظت روی و منگنز از تیمار P_2 به‌ترتیب به‌میزان۳۳/۴۶ و ۳۷/۰۴میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که باعث افزایش ۳۳ و ۱۸درصدی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). با وجود معنی‌دارنشدن اثر عامل فسفری بر میزان غلظت آهن و مس دانه، بیشترین غلظت این عناصر از تیمار P_2 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰درصد کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک) حاصل شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات تأثیر تیمارهای فسفری و روی بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 2. Mean comparison of phosphorus and zinc treatments on the seed yield and nutrient concentration of two cultivars of bean

مس	منگنز	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	عملکرد دانه		تیمار
Cu	**Mn**	**Zn**	**Fe**	**K**	**P**	**N**	**Seed yield**		**Treatment**
(میلی‌گرم در کیلوگرم)					(درصد)		کیلوگرم در هکتار		
mg Kg $^{-1}$					٪		**(Kg ha** $^{-1}$ **)**		
19.65b	32.30b	28.84b	85.1b	2.05b	0.39b	3.90b	3188b	Talash تلاش - C_1	رقم Cultivar
20.96a	37.83a	30.25a	96.7a	2.25a	0.41a	3.70a	3348a	Sadri صدری - C_2	
19.89 a	32.56b	25.16d	87.2a	1.85d	0.33d	3.55c	2897d	P_0	فسفر P
20.30 a	35.32ab	28.95c	90.5a	2.12c	0.38c	3.72b	3217c	P_1	
20.82a	37.04a	33.46a	94.5a	2.42a	0.47a	4.06a	3530a	P_2	
20.22 a	35.20ab	30.62b	91.8a	2.22b	0.44b	3.83b	3429b	P_3	
19.64b	36.72a	26.54b	103.7a	2.00b	0.42a	3.58b	3079c	Zn_0	روی Zn
20.55a	34.24b	31.41a	79.1c	2.25a	0.40b	3.93a	3404a	Zn_1	
20.74a	34.13b	30.70a	90.1b	2.21a	0.39b	3.87a	3321b	Zn_2	

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

C1: رقم تلاش، C2: رقم صدری، P0: شاهد، P1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each column and part by a different letter are significantly different at 0.05 probability levels by Duncan's Multiple range test.
C1: Talash cultivar, C2: Sadri cultivar, P0: Blank, P1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_47H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

تیمار روی مصرفی بر غلظت عناصر غذایی مورد بررسی به‌غیر از غلظت منگنز تأثیر معنی‌دار داشت. بیشترین میزان غلظت نیتروژن و پتاسیم در نتیجه تیمار Zn_1 به‌ترتیب به‌میزان ۳/۹۳ و ۲/۲۵درصد به‌دست آمد که افزایش ۱۰ و ۱۳درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. حداکثر غلظت فسفر از تیمار Zn_0 به‌میزان ۰/۴۲درصد حاصل شد (جدول ۲). کاهش جذب فسفر در تیمار Zn_1 و Zn_2 می‌تواند به علت اثر ضدیتی[۱] فسفر در جذب روی باشد (Motashare-Zade & Savaghebi, 2012؛ Kaya *et al.*, 2009). حداکثر غلظت روی از تیمار Zn_1 به‌میزان ۳۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد که با تیمار Zn_2 اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. غلظت مس در تیمار Zn_1 و Zn_2 تفاوت معنی‌دار نشان نداد و حداکثر غلظت از تیمار Zn_2 به میزان ۲۰/۷۴میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد. بیشترین غلظت آهن و منگنز در نتیجه تیمار Zn_0 به ترتیب به‌میزان ۱۰۳/۷ و ۳۶/۷۲میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۲). در بین اثرات متقابل اثر متقابل فسفر در روی بر غلظت نیتروژن، روی غلظت روی، منگنز و مس معنی‌دار شد. حداکثر غلظت نیتروژن، روی، منگنز و مس دانه از تیمار P_2Zn_1 به *ترتیب* به‌میزان ۴/۳۹درصد و ۳۶/۵، ۳۷/۵ و ۲۱/۶میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب باعث افزایش ۲۵، ۵۸، ۱۶ و ۱۱درصد شد.

همچنین بیشترین غلظت دیگر عناصر غذایی مورد مطالعه از تیمار P_2Zn_1 حاصل شد (جدول ۳).

برداشت و غنی سازی عناصر غذایی در بذر

برداشت نیتروژن، فسفر و پتاسیم

بین دو رقم مورد استفاده در این آزمایش، اختلاف معنی داری در میزان برداشت این سه عنصر مشاهده شد. افزایش میزان برداشت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در رقم صدری نسبت به رقم تلاش به ترتیب به میزان ۱۱، ۱۰ و ۱۶درصد شد (جدول ۴). تیمار فسفری بر میزان برداشت این عناصر غذایی تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار P_2 نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش ۳۹، ۹۸ و ۵۹درصد جذب نسبت به شاهد شد. تحقیقات نشان می‌دهد در اکثر موارد تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش غلظت و جذب عناصر غذایی با تحرک پایین در خاک به‌ویژه فسفر و روی به گیاه میزبان می‌شود (Marschner & Dell, 1994؛ Rudresh *et al.*, 2005؛ Turk *et al.*, 2006؛ Amirabadi *et al.*, 2009 ؛ Yaseen *et al.*, 2012). گیاهان میکوریزایی با مکانیسم‌های مختلفی از قبیل دسترسی به حجم بیشتری از خاک به‌واسطه تولید ریسه‌های برون‌ریشه‌ای توسط قارچ و افزایش طول ریشه گیاه، بالابردن سرعت جذب فسفر توسط هیف قارچ، انتقال

[۱] Antagonistic

فسفر از فواصل دور از ریشه، افزایش ناحیه تخلیه فسفر، افزایش انحلال فسفر به‌واسطه رهاسازی اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز و فیتاز و کاهش pH ریزوسفر به‌واسطه ترشح یون‌های H^+ موجب افزایش جذب فسفر می‌گردند (Wu *et al.*, 2005؛ Khan & Zeidi, 2007).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای فسفری و روی بر غلظت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 3. Mean comparison of interaction effect of phosphorus and Zinc treatments on the nutrient concentration of two cultivars of bean

مس **Cu**	منگنز **Mn**	روی **Zn**	آهن **Fe**	پتاسیم **K**	فسفر **P**	نیتروژن **N**	عملکرد دانه **Seed yield**	تیمار **Treatment**
(میلی‌گرم در کیلوگرم)					درصد		(کیلوگرم در هکتار)	
mg Kg $^{-1}$					(%)		**Kg ha^{-1}**	
19.05d	31.94a	23.20h	104.20a	1.70a	0.35a	3.28g	2564g	P_0Zn_0
20.68abc	32.51a	25.32g	69.40a	1.95a	0.34a	3.77cde	3054.5f	P_0Zn_1
19.90bcd	33.20a	26.96efg	88.26a	1.91a	0.32a	3.60ef	3074f	P_0Zn_2
20.75ab	40.95a	26.17fg	95.31a	1.98a	0.41a	3.45fg	3054f	P_1Zn_0
20.02bcd	34.70a	30.96bc	83.83a	2.18a	0.38a	4.00bc	3391cd	P_1Zn_1
20.14bcd	30.33a	29.71cd	92.18a	2.19a	0.34a	3.71de	3204e	P_1Zn_2
19.41bcd	36.58a	28.76de	111.15a	2.32a	0.48a	3.72de	3383cd	P_2Zn_0
21.60a	36.98a	36.57a	83.37a	2.58a	0.44a	4.10b	3656a	P_2Zn_1
21.47a	37.57a	35.04a	88.70a	2.36a	0.43a	4.38a	3551b	P_2Zn_2
19.31cd	37.41a	28.05def	104.21a	2.02a	0.45a	3.87bcd	3313d	P_3Zn_0
19.90bcd	32.76a	32.77b	80.08a	2.28a	0.44a	3.84cde	3516b	P_3Zn_1
21.45a	35.41a	31.04bc	91.18a	2.37a	0.42a	3.80cde	3457cb	P_3Zn_2

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

C_1:رقم تلاش، C_2:رقم صدری، P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each column by a different letter are significantly different at 0.05 probability levels ($P \leq 0.05$) by Duncan's Multiple range test.
C_1: Talash cultivar, C_2: Sadri cultivar, P_0: Blank, P_1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P_2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P_3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_47H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات تأثیر تیمارهای فسفری و روی بر میزان برداشت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 4. Mean comparison of phosphorus and zinc treatments on the nutrient uptake of two cultivars of bean

مس **Cu**	منگنز **Mn**	روی **Zn**	آهن **Fe**	پتاسیم **K**	فسفر **P**	نیتروژن **N**		تیمار **Treatment**
Kg ha^{-1} (کیلوگرم در هکتار)								
0.06b	0.10b	0.09b	0.27b	66.0b	8.90b	118.5b	Talash تلاش -C_1	رقم Cultivar
0.07a	0.12a	0.10a	0.32a	76.6a	9.75a	131.3a	Sadri صدری -C_2	
0.057d	0.09c	0.07d	0.25c	54.0d	6.12d	103.5d	P_0	فسفر P
0.065c	0.11b	0.09c	0.29b	68.8c	8.27c	120.4c	P_1	
0.073a	0.13a	0.11a	0.33a	85.8a	12.10a	143.8a	P_2	
0.07b	0.12b	0.10b	0.31ab	76.6b	10.84b	131.7b	P_3	
0.06b	0.11a	0.08b	0.32a	62.6c	9.52a	111.2c	Zn_0	رویZn
0.07a	0.11a	0.10a	0.27b	77.3a	9.524a	134.2a	Zn_1	
0.07a	0.11a	0.10a	0.3ab	74.0b	8.94a	129.3b	Zn_2	

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

C_1: رقم تلاش، C_2: رقم صدری، P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each column by a different letter are significantly different at 0.05 probability level ($P \leq 0.05$) by Duncan's Multiple range test.
C_1: Talash cultivar, C_2: Sadri cultivar, P_0: Blank, P_1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P_2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P_3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_47H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

هیف‌های قارچی در مقایسه با ریشه‌های گیاه به طور طبیعی عناصر غذایی را از فواصل دوردست مناطق تخلیه‌شده انتقال می‌دهند. این هیف‌ها توانایی نفوذ داخل حفرات خاک و تماس با ذرات خاک و جذب عناصر غذایی را دارند. همچنین ریشه‌های میکوریزایی‌شده موادی ترشح می‌کنند که فراهمی مواد غذایی برای جذب ریشه‌ای یا هیفی را افزایش می‌دهند (Wu *et al.*, 2005; Marschner & Dell, 1994).

یکی از دلایل اثر هم‌افزایی قارچ‌های میکوریزایی و باکتری *Azotobacter* در برداشت عناصر غذایی به دلیل نقش فسفر در تشکیل گره و تثبیت نیتروژن در گیاهان تیره لگوم می‌باشد. در لوبیا مقدار کافی فسفر برای رشد گیاه و تشکیل گره و تثبیت نیتروژن ضروری است (Bhat *et al.*, 2011). تحقیقات Behl *et al.*, 2006 نشان می‌دهد کاربرد همزمان باکتری *Azotobacter* و قارچ میکوریزی اثرات مثبت و سینرژیسمی[1] روی جذب عناصر غذایی در گندم دارد. باکتری‌های *Azotobacter* با تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش سطح جذب ریشه‌ها و سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول‌استیک اسید[2]، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها می‌توانند از طریق افزایش جذب عناصر غذایی باعث بهبود وضعیت رشدی گیاه شوند (Behl *et al.*, 2006). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهند هیف‌های خارجی قارچ‌های میکوریزایی قادر به تأمین ۱۰درصد از نیاز گیاه همزیست خود به پتاسیم هستند (Marschner & Dell, 1994). دراین تحقیق میزان نیتروژن بیشتر در تیمارهای زیستی P_2 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰درصد کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک) و P_3 (کاربرد کود زیستی فسفاتی) می‌تواند به‌طور مستقیم در اثر افزایش تجزیه ترکیبات آلی نیتروژن‌دار و افزایش پتانسیل تثبیت زیستی نیتروژن و به طور غیرمستقیم با گسترش هیف در خاک منجر به افزایش عناصر غذایی مؤثر در تثبیت و بهبود شرایط رشدی گیاه باشد (Artusson *et al.*, 2006). تأثیر مثبت قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب نیتروژن با نتایج تحقیقات Lisette *et al.*, 2003، Amirabadi *et al.*, 2009، Bhat *et al.*, 2011 مطابقت دارد. تیمار روی بر جذب نیتروژن و پتاسیم اثر معنی‌دار داشت، ولی بر جذب پتاسیم تأثیری نداشت. افزایش میزان برداشت نیتروژن و پتاسیم در تیمار Zn_1 نسبت به شاهد به‌ترتیب برابر با ۲۰/۶ و ۲۳/۵درصد شد. حداکثر جذب فسفر نیز از تیمارهای Zn_1 و Zn_0 به‌میزان ۹/۵۲کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). در خصوص اثر تیمار روی مصرفی بیشترین میزان صفات مورد بررسی به جز غلظت و جذب فسفر از تیمار Zn_1 و Zn_2 حاصل شد (جدول ۴). لوبیا از گیاهان حساس به کمبود روی محسوب می‌گردد. در این تحقیق با توجه به پایین‌بودن میزان روی خاک در طی دو سال آزمایش به مصرف کود روی واکنش مشاهده شد. همچنین از مصرف توأم کود زیستی فسفاتی و روی، عملکرد دانه بیشتری نسبت به مصرف جداگانه آنها حاصل شد. کاهش غلظت و برداشت فسفر در تیمار Zn_1 و Zn_2 می‌تواند به علت اثر ضدیتی فسفر در جذب روی باشد (Motashare-Zade & Savaghebi, 2012؛ Kaya *et al.*, 2009). با افزایش غلظت روی، غلظت و جذب فسفر کاهش یافت. در بین اثرات متقابل، اثر متقابل فسفر با روی بر برداشت نیتروژن و پتاسیم اختلاف معنی‌دار ایجاد نمود. بیشترین میزان برداشت نیتروژن از تیمارهای P_2Zn_2 و P_2Zn_1 به‌ترتیب به‌میزان ۱۵۵/۷ و ۱۴۵کیلوگرم در هکتار و پتاسیم از تیمار P_2Zn_1 به میزان ۹۴/۷کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بیشترین میزان فسفر برداشت‌شده به‌میزان ۱۲/۴۰کیلوگرم در هکتار از تیمارP_2Zn_1 به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش ۱۲۴درصدی شد (جدول ۵). این تغییرات را می‌توان به تأثیر استفاده از تیمارهای زیستی در افزایش جذب عناصر غذایی نسبت داد. در این آزمایش در تیمارهای زیستی استفاده‌شده میزان نیتروژن و پتاسیم بیشتری توسط دانه برداشت شد (جدول ۴). بهبود شرایط رشد و افزایش جذب فسفر و نیتروژن به جذب پتاسیم دانه کمک نمود.

برداشت آهن و روی

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر رقم بر برداشت آهن و روی معنی‌دار شد. افزایش برداشت آهن و روی در رقم صدری نسبت به رقم تلاش به‌ترتیب به‌میزان ۷ و ۱۱درصد شد (جدول ۴). تیمار فسفری بر برداشت آهن و روی تأثیر معنی‌دار داشت. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار P_2 باعث افزایش ۳۲ و ۵۷درصدی جذب آهن و روی شد (جدول ۶). افزایش برداشت آهن و روی در اثر استفاده از قارچ های میکوریزی با نتایج تحقیقات Marschner & Dell, (1994)، Amirabadi *et al*, (2009)، Mader *et al*, (2011) و Azarmi *et al*, (2015) مطابقت دارد. این افزایش می‌تواند به علت جذب از طریق هیف قارچی، تغییرات بیولوژیکی از قبیل افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز و دهیدروژناز، افزایش کربن زیست‌توده و ترشح گلیکوپروتئین، گلومالین به وسیله هیف در محیط ریزوسفر ریشه باشد که به افزایش فراهمی و جذب این عناصر کمک می‌کند. همچنین بر اثر نفوذ

[1] Synergism

[2] Indol Acetic Acid (IAA)

ریسه‌های نازک قارچی در حفرات ریز خاک و با افزایش طول و سطح جذب ریشه‌های قارچی انتقال بیشتر عناصر غذایی ریزمغذی از خاک به‌ویژه عنصر روی انجام می‌شود (Marschner & Dell, 1994؛ Subramanian *et al.*, 2009). اثر تیمار روی بر برداشت آهن و بر برداشت روی معنی‌دار شد. حداکثر مقدار جذب آهن از تیمار Zn_0 به‌میزان ۰/۳۲ و حداکثر جذب روی از تیمار Zn_1 و Zn_2 به‌میزان ۰/۱۰کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). این افزایش به دلیل تأمین کمبود روی خاک با مصرف کود شیمیایی سولفات روی (تیمار Zn_1) و آزادسازی و افزایش جذب روی از ترکیبات روی موجود در خاک با مصرف تیمار زیستی روی (تیمار Zn_2) می‌باشد. این نتیجه با نتایج تحقیقات Motashare-Zade & Savaghebi, (2012)، Sarathamblam *et al*, (2010)، Abbaszade *et al*, (2012) و Mader *et al*, (2011) مطابقت دارد. افزایش غلظت و برداشت آهن در تیمار Zn_0 به دلیل جذب کمتر روی در این تیمار می‌باشد (Motashare-zadeh & Savaghebi, 2012). یکی از راه‌های تأمین آهن از طریق ترشحات ریشه‌ای مانند سیدروفورهای گیاهی و اسیدهای آلی از قبیل سیتریک، اگزالیک و فنلیک می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد باکتری‌های *Pseudomonas* و *Azotobacter* توانایی تولید ترکیباتی از قبیل اسیدهای آلی مانند اسیدگلوکونیک و ۲-گلوکونیک اسید، اسید ایندول استیک، افزایش میزان پروتون، تولید سیدروفور و تولید اسیدهای معدنی مانند اسید سولفوریک، نیتریک و کربنیک را دارند (Abbaszade *et al*., 2012؛ Zaidi *et al*., 2004؛ Malviya *et al*., 2012؛ Sarathamblam *et al*., 2010). گیاهان می‌توانند از سیدروفورهای تولیدشده توسط باکتری‌ها به عنوان عاملی برای تأمین آهن و روی مورد نیاز خود استفاده کنند (Ahmad *et al*., 2006). مصرف خاکی کودهای فسفری و روی سریعاً کمپلکس‌های غیرقابل‌حل با خاک می‌دهند و به فرم اشکال غیرقابل‌دسترس برای جذب گیاه تبدیل می‌شوند (Malakouti, 2014). میکروارگانیسم‌های جذب و آزادکننده این عناصر توانایی آزادکردن این عناصر را از منابع غیرقابل دسترس با مکانیسم‌های خاص خود دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای فسفری و روی بر میزان برداشت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 5. Mean comparison of interaction effect of of phosphorus and Zinc treatments on the nutrient uptake of two cultivars of bean

تیمار Treatment	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu
	(کیلوگرم در هکتار) Kg ha^{-1}						
P_0Zn_0	84.0h	5.34a	43.40g	0.26a	0.060g	0.081d	0.050g
P_0Zn_1	115.6ef	6.43a	59.68f	0.21a	0.077f	0.010c	0.063ef
P_0Zn_2	111.0fg	6.00a	58.64f	0.27a	0.083f	0.102c	0.061f
P_1Zn_0	106.3g	8.29a	61.24f	0.30a	0.080f	0.125ab	0.063ef
P_1Zn_1	135.8b	8.50a	74.62cd	0.28a	0.105d	0.118b	0.068de
P_1Zn_2	119.0de	7.30a	70.68ed	0.29a	0.095e	0.097c	0.064ef
P_2Zn_0	126cd	12.24a	78.64cb	0.37a	0.097e	0.124ab	0.065def
P_2Zn_1	145.0a	12.40a	94.68a	0.30a	0.133a	0.135a	0.080a
P_2Zn_2	155.7a	12.15a	84.34b	0.31a	0.124b	0.133a	0.076ab
P_3Zn_0	128.4bc	11.20a	67.24e	0.34a	0.093e	0.124ab	0.064ef
P_3Zn_1	135.3b	11.16a	80.61b	0.28a	0.115c	0.115b	0.070cd
P_3Zn_2	131.6bc	10.50a	82.16b	0.31a	0.107d	0.122ab	0.074bc

حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

C_1: رقم تلاش، C_2: رقم صدری، P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each parameter by a different letter are significantly different at 0.05 probability level by Duncan's Multiple range test.

C_1: Talash cultivar, C_2: Sadri cultivar, P_0: Blank, P_1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P_2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P_3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_47H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

افزایش برداشت آهن و روی در این تحقیق در اثر استفاده از تیمارهای زیستی (تیمارهای P_2، P_3 و Zn_2) می‌تواند ناشی از انتقال توسط هیف قارچی، اسیدی‌شدن ریزوسفر، تولید سیدروفورهای آهن و روی و بهبود شرایط کیلیت‌نمودن و افزایش فراهمی این دو عنصر در ریزوسفر ریشه باشد (Zaidi *et al*., 2004؛ Sarathamblam *et al*., 2010؛ Mader *et al*., 2011؛ Abbaszade *et al*., 2012). اکثر خاک‌های ایران آهکی هستند و میزان کربنات روی آنها بالا می‌باشد و روی محلول کودی در این خاک‌ها سریع به‌صورت غیرقابل‌استفاده درمی‌آید (Malakouti, 2014). از این رو استفاده از باکتری های حل‌کننده ترکیبات روی می‌تواند در افزایش جذب روی مؤثر باشد. اثر متقابل تیمار فسفر با روی تنها بر برداشت روی

معنی‌دار شد. با وجود معنی‌دارنشدن اثرات متقابل تیمارها بر میزان برداشت آهن، حداکثر میزان برداشت آهن از تیمارP_2Zn_0 به‌میزان ۰/۳۷کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. حداکثر میزان برداشت روی از تیمار P_2Zn_1 به‌میزان ۰/۱۳کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۱۷درصد افزایش را نشان داد (جدول ۵).

برداشت منگنز و مس

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر رقم بر جذب منگنز و مس معنی‌دار شد. افزایش برداشت ۲۰ و ۱۶/۶درصدی منگنز و مس در رقم صدری نسبت به رقم تلاش مشاهده شد (جدول ۴). تیمار فسفری بر میزان برداشت این دو عنصر معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد حداکثر میزان برداشت منگنز و مس از تیمار P_2 به‌دست آمد، به گونه ای‌که باعث افزایش ۴۴/۵ و ۲۸درصد جذب نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). تیمار روی فقط بر میزان برداشت مس معنی‌دار شد. حداکثر مقدار برداشت مس از تیمار Zn_1 و Zn_2 به‌میزان ۰/۰۷کیلوگرم در هکتار حاصل شد و در خصوص منگنز تیمار روی اثر معنی‌داری نشان نداد. اثر متقابل فسفر با روی بر برداشت منگنز و جذب مس معنی‌دار شد. حداکثر میزان منگنز و مس برداشت شده به‌ترتیب به میزان ۰/۱۳۵ و ۰/۰۷۹ در نتیجه کاربرد تیمار P_2Zn_1 به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۶۲/۵ و ۶۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). Liu *et al*, (2000) گزارش نمودند گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریزی عناصر غذایی فلزی بیشتری را از طریق هیف‌های خارجی خود جذب می‌کنند که این امر به علت افزایش سطح تماس بیشتر نسبت به ریشه‌های گیاه و کاهش فاصلهٔ انتشار یون‌های فلزی نظیر منگنز و مس تا محل جذب می‌باشد. با توجه به پایین‌بودن مس موجود در محلول خاک و ضریب پخشیدگی پایین آن در خاک، این دو عامل باعث می‌شود تا در تیمار زیستی فسفاتی P_2، میزان مس برداشت‌شده بیشتر باشد (Marschner & Dell, 1994). همچنین همزیستی میکوریزی از طریق افزایش فعالیت فسفاتازی خود می‌تواند ترکیبات آلی فسفره را هیدرولیز کرده و جذب همزمان فسفر و مس را در گیاه گندم افزایش دهد. از طرف دیگر افزایش محتوی فسفر در بذر می‌تواند منجر به افزایش اندازه مخزن برای دیگر عناصر از جمله مس، منگنز و روی شود که این امر به نوبه خود می‌تواند موجب القای جذب و انتقال بیشتر این عناصر به دانه گردد (Smith *et al.*, 2010). گیاهان میکوریزایی معمولاً توانایی کمتری برای جذب منگنز نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی دارند (Kothari *et al.*, 1990). البته در مواردی افزایش جذب منگنز در همزیستی میکوریزایی نیز دیده شده است (Al-Karaki & Clark, 1998). یک توازن مناسبی بین میکروارگانیسم‌های احیاء و اکسیدکننده گیاهان میکوریزایی وجود دارد که باعث کاهش جذب منگنز در گیاهان می‌گردد (Marschner & Dell, 1994). Liu *et al.*, 2000 گزارش نمودند با حضور قارچ میکوریزآربوسکولار، جذب روی، مس، منگنز و آهن به‌وسیله ذرت در سطوح فسفر و عناصر غذایی ریزمغذی تحت تأثیر قرار گرفته است، به‌طوری‌که غلظت منگنز با کاربرد قارچ میکوریزی کاهش پیدا می‌کند. اما Al-Karaki & Clark, (1998)، Amirabadi *et al*, (2009)، Azarmi *et al*, (2015)، Mader *et al*, (2011) افزایش جذب منگنز را در اثر استفاده ترکیبی گونه‌های مایکوریزا و *Pseudomonas* گزارش نمودند. همزیستی میکوریزی به استقرار و بقاء گیاه کمک می‌کند و از طریق انتشار میسلیوم های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین وجود ندارد، باعث جذب بیشتر عناصر غذایی می‌شود (Marschner & Dell, 1994). تولید سیدروفرها توسط باکتری *Pseudomonas* حلالیت آهن، روی، منگنز و مس را افزایش داده و اکسین تولیدشده توسط این باکتری موجب افزایش طول ریشه، طول تارهای کشنده و انشعابات ریشه‌های فرعی گیاهان شده و از این طریق می‌تواند باعث افزایش عناصر ریزمغذی از جمله روی و مس شود (Marschner & Dell, 1994). در این تحقیق با مصرف کودهای زیستی فسفاتی علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفری می‌توان ضمن افزایش عملکرد، جذب و برداشت عناصر غذایی و غنی‌سازی لوبیا گامی مؤثر در برطرف‌کردن سوءتغذیه، افزایش سلامتی جامعه و در راستای کشاورزی پایدار برداشت.

نتیجه‌گیری

مصرف کودهای زیستی فسفاتی و روی باعث افزایش عملکرد، غلظت و برداشت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی شدند. رقم صدری از نظر صفات بررسی‌شده و پاسخ به کودهای زیستی مورد استفاده رقم برتر بود. بیشترین مقدار این صفات از تیمارهای P_2 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل)، Zn_1 (کاربرد ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی)، Zn_2 (کاربرد تیمار زیستی روی) و P_2Zn_1 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) حاصل شد. بنابراین، تلفیق مناسب کودهای زیستی فسفاتی با کودهای شیمیایی می‌تواند در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و هزینه های تولید، جایگزین بخشی از کود شیمیایی مورد نیاز لوبیا

شود و محصولی بـا عملکـرد بیشـتر و کیفیـت بهتـر و غنـی از عناصر غذایی مورد بررسی تولید نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسـه تحقیقـات خـاک و آب بـرای دراختیارگذاشـتن قارچ‌های میکوریزی و مایه‌تلقیح‌های مورد نیاز و آقای مهنـدس فرزان برای کمک در انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌نماید.

منابع

1. Abbas-Zadeh, P., Savaghebi, G.R., Asadi-Rahmani, H., Rejali, F., FarahBakhsh, M., Motashare-Zaade, B., and Omidvari, M. 2012. The effect of *Pseudomonas fluorescent* on increasing of zinc compounds dissolution and improve its uptake by bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Irannian Journal of Soil Research 26(20): 195-205. (In Persian).
2. Ahmad, F., Ahmad, I., and Khan, M.S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Journal of Microbialogy Research 36: 1-9.
3. Al-Karaki, G.N., and Clark, R.B. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition 21: 263-276.
4. Artusson, V., Finlay, R.D., and Jansson, J.K. 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Journal of Environment Microbiology 8: 1-10.
5. Azarmi, F., Malakouti, M.J., Khavazi, K., and Saghafi, K. 2015. The effect of co application of *Pseudomonas* floorescense and Phosphate fertilizer on yield, phosphorus and micronutrient uptake in canola. 2015. Irannian Journal of Soil Biology 3(1): 21-30. (In Persian).
6. Amirabadi, M., Rejali, F., Ardakani, M., and Borji, M. 2009.The effect of using *Azetobacter* inoculant and mycorrhizae fungi on uptake of some mineral nutrients in different levels of phosphorus in corn (*Zea mays* var 704). Journal of Soil Research 23(1): 107-115. (In Persian).
7. Bagheri, A., Mahmoudi, A.A., and Ghezeli, F. 2001. Common Beans, Research for Crop Improvement. Jahade Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, 556 p.
8. Basiri, A. 1991. Statistical Designs in Agricultural Science. Shiraz University Publication. 596 pages.
9. Behl, R.K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T., and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi-arid tropics. Journal of Tropics 15 (1): 123-133.
10. Bhat, M.I., Bangroo, S.A., Tahir, A., Yadav, S.R.S., and Aziz, M.A. 2011. Combined effects of rhizobium and vesicular arbuscular fungi on green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) under temperate conditions. Journal of Research Agriculture Science 2(1): 17-20.
11. Chen, X., Chunhua, W.U., Jianjun, T., and Shuijin, H. 2005. Arbuscular mycorrhiza enhances metal lead uptake and growth of host plant under a sand culture experiment. Journal of Chemospher 60: 665-671.
12. David, D., Gerald, N., Carolyn, R., and Paul, R.H. 2007. Inoculation with Arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. Journal of Biological Agriculture and Horticulture 25: 67-78.
13. Emami, A. 1996. Plant Analysis Methods. Soil and Water Research Institute. First Volume Technical Bulletin No.982. (In Persian).
14. Fageria, N.K., and Santos, A.B. 2008. Yield physiology of dry bean. Journal of Plant Nutrition 31: 983: 1004.
15. Kaya, M., Küçükyumuk, Z., and Erdal, I. 2009. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. African Journal of Biotechnology 8: 4508-4513.
16. Khan, M.S., Zaidi, A., and Wani, P.A. 2009. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review, Journal of Agriculture Sustainable Development. 27: 29-43.
17. Kothari, S.K., Marschner, H., and Romheld, V. 1991. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. Journal of Plant and Soil 131: 177-185.

18. Lisette, J., Xavier, C., and Germida, J.J. 2003. Selective interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium leguminosarum* bv, Viceae enhance pea yield and nutrition. Journal of Biology and Fertility of Soils 37: 261-267.
19. Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I., Ma, B.L., and Smith, D.L. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn, and Fe by mycorrhizal maize (*Zea Mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhiza Journal 9: 331-336.
20. Mader, P., Kaiser, F., Adholeya, A., Singh, R., Uppal, H.S., Sharma, A.K., Srivastava, R., Sahai, V., Aragno, M., Wiemken, A., Johri, B.N., and Fried, P.M. 2011. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat rice and wheat black gram rotations in India. Journal of Soil Biology and Biochemistry 43: 609-619
21. Malakouti, M. 2014. Recommendations for Optimal Fertilizer Use in Agricultural Crops of Iran: Determination of Amount, Type and Time of Fertilizer Application for the Purpose of Achieving Self-Sufficiency, Food Security, Sustainable Agriculture and Increasing Farmers' Income. Mobaleghan Publication, Tehran, 330 p.
22. Malviya, M.K., Sharma, A., Pandey, A., Rinu, K., Sati, P., and Palni, L.M.S. 2012. Bacillus subtilis NRRL B-30408: A potential inoculant for crops grown under rainfed conditions in the mountains. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12(4): 811-824.
23. Marschner, H., and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Journal of Plant and Soil 159: 89-102.
24. Mengel, K., and Kirkby, E.A. 1993. Principles of Plant Nutrition. Translated by A.A. Salardini and M. Mojtahedi. Tehran University Publication, No: 1842, Second Edition, 436 pages.
25. Mohammadi, M. 1986. Report of Soil Science of Chaharmahal-Va-Bakhtiari (Shahrekord and Brojen regions). Soil and Water Research. Technical Publication No 696. 239 pages.
26. Moragan, J.T., and Grafton, K. 2003. Plant zinc and the zinc-efficiency trait in navy bean. Journal of Plant Nutrition 26: 1649-1663.
27. Motashare-Zadeh, B., and Savaghebi, G.h.R. 2012. The effect of balanced fertilization on nutrients, concentration and phytic acid to zinc molar ratio in Iranian red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars at different stages of seed development. Iranian Journal of Soil Science and Technology. Greenhouse Culture 3(9): 73-84. (In Persian With English Summery).
28. Parvizi, K.h., Dashti, F., Esna Ashari, M., Rejali, F., and Chayichi, M. 2013. The effect of two spices of arbuscular mycorrhizae (*G. etunicatum* and *G. mosseae*) on nutrient uptake and mini tubers production in potato tissue culture plantlets. Journal of Soil Biology 1: 61-69. (In Persian).
29. Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. On growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Applied Soil Ecology 28: 139-146.
30. Sarathambalm, C., Thangaraju, M., Paulraj, C., and Gomathy, M. 2010. Assessing the Zinc solubilization ability of *Gluconacetobacter diazotrophicus* in maize rhizosphere using 65labelled Zn compounds. Indian Journal of Microbiology 50(1): 103-109.
31. Scheublin, T.R., and Heijden, G.A. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi colonize nonfixing root nodules of several legume species. Journal of New Phytologist 172: 732-738.
32. Smith, S.E., Facelli, E., Pope, S., and Smith, F.A 2010 Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. Journal of Plant and Soil 326: 3-20
33. Subramanian, K.S., Tenshia, V., Jayalakhshmi, K., and Ramachandran, V. 2009. Role of arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*)-(fungus aided) in zinc nutrition of maize. Journal of Agriculture Biotechnology Sustainable Development 1: 29-38.
34. Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. Journal of World Agricalture Science 2: 16-20.
35. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Journal of Plant and Soil 255: 571-586.
36. Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and Arbusclar mycorrhizal fungi on maize growth: a greenhouse trial. Journal of Soil Science 125: 155-166.
37. Yaseen, T., Burni, T., and Hussain, F. 2012. Effect of Arbuscular Mycorrhizal inoculation on nutrient uptake, growth and Productivity of chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. Journal of Agronomy and Plant Production 3 (9): 334-345.
38. Zaidi, A., Khan, M.S., and Amil, M. 2004. Bioassociative effect of rhizospheric microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of greengram. Journal of Plant Nutrition 27: 599-610.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 126-138

The effect of using an integrated phosphate and Zinc bio and chemical fertilizers on yield and nutrient uptake of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Mohammadi*, M.[1]

Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran

Received: 30 August 2016
Accepted: 3 March 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.58254

Introduction

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the richest seeds in legumes. Scientific and correct use of bio and organic fertilizers are a strategy to reduce the accumulation of chemical materials in agricultural products, soil and water resources and living organisms. Mycorhizal fungi, Phosphate and Zn solubilizing bacteria are the sample of these bio fertilizers. The most important beneficial effects of mycorrhizal symbiosis is increase the nutrient uptake, water use efficiency, productivity, improve plant nutrition and resistance to environmental stresses. The results of mycorrhizae symbiosis research in different plants show that the increase uptake of nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Iron (Fe), Zn, Copper (Cu) and Manganese (Mn). Mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) such as *Azotobacter* spp., and *Pseudomonas* spp. are able to increase uptake of nutrient elements particularly when they are applied with others. Phosphate and Zinc solubilizing bacteria facilitate uptake of slowly diffusing nutrient ions such as P, Zn, Fe and increase their availabilities usually by increasing volume of soil exploited by plants, spreading external mycelium, secreting organic acids, production of dehydrogenase and phosphates enzymes and reducing rhizosphere acidity. The main objective of this farm study was to evaluate the effect of using of P and Zn chemical and bio-fertilizers on yield, concentration and uptake of nutrient elements for the first time in two cultivars of bean in the Chaharmahal-va- Bakhtiari province.

Material & Methods

This field experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The treatments of this research consisted of two cultivars of Chiti bean (Talash and Sadri), four levels of P (P_0: Control, P_1: Chemical fertilizer on the basis of soil test, P_2: 50 percent of recommended P + bio-fertilizer (P), and P_3: bio-fertilizer (P)), three levels of Zn (Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} Zinc sulphate, and Zn_3: bio-fertilizer (Zn)). Bio-fertilizer (P) treatment consisted of using inoculum of P solubilizing bacteria from *Azotobacter chroococcum* strain 5 and three species of mycorrhizal fungi from *Glomus* species (*Clariodeoglumus etunicatum*, *Rhizophagus intraradices* and *Funneliformiss mosseae*). Zn bio-fertilizer treatment consisted of using inoculum of *Pseudomonas aeruginosa* strain MPFM and *Pseudomonas fluorescent* strain 187. Chemical fertilizers were applied from TSP at a rate of 100 and 50 kg ha^{-1} in P_1 and P_2 respectively, 50 kg ha^{-1} $ZnSO_4.7H_2O$ in Zn_1. After harvesting the seed yield and nutrient concentration were measured. The nutrient uptake was measured by multiple seed yield on nutrient concentration. Statistical analysis was done with SAS statistical software. Duncan's multiple range test was used to compare means.

Results & Discussion

The results of this experiment showed that there were significant difference between two cultivars on seed yield, nutrient concentration and nutrient uptake. The maximum values of studying parameters were obtained for Sadri cultivar (table 2 and 4). The effect of P treatment was significant on studying parameters, in a way P_2 treatment in comparison with control treatment caused to increase seed yield (29%) Nitrogen

***Corresponding Author:** m.mohamadi@areo.ac.ir

(39%), P (98%), K (59%), Fe (32%), Zn (57%), Mn (45%) and Cu (22%) Uptake (Table 2 and 4). These results were agreement with findings of other researches. The effect of Zn treatment was significant on seed yield and nutrient concentration except Mn and nutrient uptake except P and Mn. The maximum nutrient uptake and bio enrichment except Fe was obtained from Zn_1 (Table 2 and 4). Bean is one of the sensitive plants to Zn deficiency. In this study, the response to using Zn fertilizer was showed because of low soil Zn content. The antagonistic effect between P and Zn caused to decreasing concentration and uptake of P in Zn_1 and Zn_2. The interaction effect between P and Zn was significant on seed yield, nutrient concentration and uptake except P and Fe uptake. The maximum of studying parameters was obtained from P_2Zn_1 (Table 3 and 5). In this study, the dual inoculation with phosphate and Zn bio-fertilizers caused to increase nutrient concentration and uptake and improve seed enrichment especially elements with slowly diffusion ions such as P and Zn. It can be done with increasing mycorrhizal symbiosis, root colonization, phytosiderophores secretion, organic acids and chelated compounds production.

Conclusion

The results of this research revealed that individual and dual use of phosphate and Zn bio-fertilizers caused to increase seed yield, nutrient concentration and uptake in two studied cultivars of bean. Microorganisms used in biological treatments caused to increase the availability, concentration and uptake of nutrient elements. It can be done with increasing mycorrhizal symbiosis, root colonization and enhance secretion of siderophore compounds, organic acids and chelate compounds. Also, plant hormones and enzymes promoting growth increased with using of these bio treatments. In this research, the best treatment was using of mycorrhizal fungi with *Azotobacter* inoculant and 50 kg ha^{-1} TSP and 50 kg ha^{-1} $ZnSO_4.7H_2O$. (P_2Zn_1 treatment). With using integrated bio and chemical-fertilizers of P and Zn in addition to reduce chemical P fertilizers application can be produce health grain with high quality and rich of nutrients.

Keywords: *Azetobacter*, Mycorrhizae, Phosphorus, Yield